

V125b テラヘルツ光子計数システムの実現に向けた SIS 検出器の開発

江澤 元、松尾 宏 (国立天文台)、浮辺雅弘、藤井 剛、志岐成友 (産業技術総合研究所)

我々はテラヘルツ帯に感度を持つ光子計数型の検出システムを開発し、これを用いて「光子統計」という新たな観測手法の開拓に挑戦している。これは天体からの光子数の揺らぎを計測し、輻射源の物理状態の精密測定を目指す試みである。例えばテラヘルツ帯では光子統計が黒体輻射の温度で大きく変化するため、これが高精度の温度指標となる。

光子計数システムは、1 GHz の高速動作が期待される超伝導 SIS 直接検出器を採用し、高速のデータ処理システムと組み合わせて実現する。我々はこれに必要な 1 pA 程度の低リーク電流の SIS 検出器を、産業技術総合研究所の CRAVITY を用いて開発してきた。これまでに Nb/Al/AlO_x/Al/Nb ベースの 3 μm × 3 μm の SIS 接合で、 $T \leq 0.7$ K の極低温下において目標とするリーク電流を達成した (江澤他、天文学会 2017 年秋季年会 V137b)。

この成果をうけて、我々は光子計数システムの実現を見据えた開発に着手した。これまでに開発した低リークの SIS 接合をベースに PCTJ (Parallel-Connected Twin Junctions) を構成し、ツインスロットアンテナと結合した検出器を設計、試作した。これは光子計数の実験室検証を意図したもので、中心周波数は 500 GHz、帯域は 4 GHz 程度である。これまでリーク電流 ≈ 1 pA ($T \leq 0.7$ K) を達成しており、雑音等価電力 $NEP = 6 \times 10^{-18}$ W/ $\sqrt{\text{Hz}}$ が期待される。光子計数システムにおいては、読出しノイズを極限まで抑えるために検出器と初段の増幅回路を同一の極低温ステージに据え付ける。そのために大きな冷却能力が期待できる ⁴He 吸着冷凍器を用いるが、原理的にその冷却到達温度は ≥ 0.8 K 程度である。そこで低リーク SIS 検出器の動作温度を上げるべく、製造プロセスの最適化を行っている。講演では光子計数システムの概要、開発の進捗および成果を報告する。